

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑪ 公開特許公報(A)

昭60-142268

⑫ Int.Cl.

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 昭和60年(1985)7月27日

G 01 P 5/10
H 01 L 49/00

7027-2F
6370-5F

審査請求 未請求 発明の数 10 (全23頁)

⑭ 発明の名称 流速センサ

⑮ 特 願 昭58-244964

⑯ 出 願 昭58(1983)12月27日

⑰ 発 明 者 ロバート・ジー・ジョ ンソン アメリカ合衆国ミネソタ州ミネアポリスマーチサークル第12814番地
⑱ 発 明 者 ロバート・イー・ヒガ シ アメリカ合衆国ミネソタ州ミネアポリスサウスイースト第8番ストリート第810番地 アパートメント20
⑲ 発 明 者 フィリップ・ジェイ・ポーレエ アメリカ合衆国ミネソタ州ミネアポリスアルドリッチアベニューサウス第4456番地
⑳ 出 願 人 ハネウエル・インコーポレーテッド アメリカ合衆国 ミネソタ州 ミネアポリス ハネウエル・プラザ(無番地)
㉑ 代 理 人 弁理士 松下 義治

明 細 書

1. 発明の名称

流速センサ

2. 特許請求の範囲

(1) 空気中に保持される薄膜のヒータと、空気中に保持されるとともに上記ヒータの対向する両側面に配置される1対の薄膜の熱感知センサからなる流速センサ。

(2) 薄膜のヒータと、1対の薄膜の熱感知センサと、半導体基板からなる流速センサであって、上記半導体基板は、上記ヒータと上記熱感知センサのほとんど大部分を上記半導体基板と非接触な状態にし、かつ上記熱感知センサを上記ヒータの対向する両側面に配置すべく、上記ヒータと上記熱感知センサを保持してなることを特徴とする流速センサ。

(3) 薄膜のヒータと、1対の薄膜の熱感知センサと、空気スペースを有する半導体基板からなる流速センサであって、上記空気スペースを架橋して上記ヒータ及び上記熱感知センサを上記半導体

基板に接続させることと上記ヒータと上記熱感知センサのほとんど大部分を上記半導体基板と非接触な状態にさせることと、上記熱感知センサを上記ヒータの対向する両側面に配置せしめる手段を具備してなることを特徴とする流速センサ。

(4) 薄膜の熱感知層に包まれた薄膜のヒータと、上記ヒータの対向する両側面に配置される薄膜の熱感知層に包まれた1対の薄膜の熱感知センサと、空気スペースを有する半導体基板からなる流速センサであって、上記ヒータ及び上記熱感知センサは上記空気スペースを架橋する少なくとも1つの薄膜部材を形成することと、上記ヒータ及び上記熱感知センサのほとんど大部分を上記半導体基板と非接触な状態にしてなることを特徴とする流速センサ。

(5) 最上表面に形成される空気スペースを有する半導体基板と、薄膜の熱感知層に包まれた薄膜のヒータと、上記ヒータの対向する両側面に配置される薄膜の熱感知層に包まれた1対の薄膜の熱感知センサからなる流速センサであって、上記ヒータ

及び上記熱感知センサは少なくとも1つの薄膜部材を形成するとともに、上記薄膜部材は、上記ヒータ及び上記熱感知センサのほとんど大部分を上記空気スペース上に保持するために少なくとも1ヶ所において上記半導体基板の最上表面に接脱されてなることを特徴とする流速センサ。

(6) 上記半導体基板は(100)結晶面と[110]結晶軸を有するシリコンからなり、上記ヒータ及び上記熱感知センサは上記(100)結晶面に対してほぼ平行となる平面上に配置されるとともに、上記ヒータ及び上記熱感知センサを上記半導体基板に接脱させる上記薄膜部材が、上記[110]結晶軸に対してびと異なる角度をもって形成されてなることを特徴とする請求の範囲第4または第5項記載の流速センサ。

(7) 上記(6)と異なる角度は、角度45°であることを特徴とする請求の範囲第6項記載の流速センサ。

(8) 上記ヒータは、被測定媒体の流れの有無にかかわらず、周囲温度より一定の高い温度で駆動

されてなることを特徴とする請求の範囲第1、2、3、4または第5項記載の流速センサ。

(9) 上記ヒータは、パルスモードで駆動されてなることを特徴とする請求の範囲第1、2、3、4または第5項記載の流速センサ。

(10) 上記熱感知センサは、上記ヒータ並びつかりと隣接させて配置されてなることを特徴とする請求の範囲第1、2、3、4または第5項記載の流速センサ。

(11) 上記空気スペースは、その一部が断壁を欠いていることを特徴とする請求の範囲第3、4または第5項記載の流速センサ。

(12) 上記薄膜部材は2つからなり、かつ上記各薄膜部材は上記1対の熱感知センサの各1つと上記ヒータの一部から構成されてなることを特徴とする請求の範囲第4または第5項記載の流速センサ。

(13) 全抵抗値を有する抵抗素子からなる流速センサであって、上記抵抗素子は2つの電圧取出し口を有し、上記各電圧取出し口は全抵抗値の各終

端との間で区切られるセンサ抵抗区間の電圧の測定を可能とならしめるように構成されてなることを特徴とする流速センサ。

(14) 全抵抗値を有する薄膜の抵抗素子と、半導体基板からなる流速センサであって、上記抵抗素子は2つの電圧取出し口を有し、上記各電圧取出し口は全抵抗値の各終端との間で区切られるセンサ抵抗区間の電圧の測定を可能とならしめ、かつ上記センサ抵抗区間を上記センサ抵抗区間を除いた上記抵抗素子の対向する両側面に配置せしめるとともに、上記半導体基板は、上記抵抗素子のほとんど大部分を上記半導体基板と非接触状態に保持してなることを特徴とする流速センサ。

(15) 全抵抗値を有する薄膜の抵抗素子と、空気スペースを有する半導体基板からなる流速センサであって、上記抵抗素子は2つの電圧取出し口を有し、上記各電圧取出し口は全抵抗値の各終端との間で区切られるセンサ抵抗区間の電圧の測定を可能とならしめ、かつ上記センサ抵抗区間を上記センサ抵抗区間を除いた上記抵抗素子の対向する

両側面に配置せしめるとともに、上記空気スペースを架橋して上記抵抗素子を上記半導体基板に接脱させることで、上記抵抗素子のほとんど大部分を上記半導体基板と非接触状態にせしめてなる手段を具備してなることを特徴とする流速センサ。

(16) 全抵抗値を有する薄膜の抵抗素子と、半導体基板からなる流速センサであって、上記抵抗素子は2つの電圧取出し口を有し、上記各電圧取出し口は全抵抗値の各終端との間で区切られるセンサ抵抗区間の電圧の測定を可能とならしめ、かつ上記センサ抵抗区間を上記センサ抵抗区間を除いた上記抵抗素子の対向する両側面に配置せしめるとともに、上記抵抗素子は薄膜の絶縁面に覆われて少なくとも1つの薄膜部材を形成し、上記半導体基板は上記薄膜部材のほとんど大部分を上記半導体基板と非接触に保持してなることを特徴とする流速センサ。

(17) 最上表面に形成される空気スペースを有する半導体基板と、全抵抗値を有する薄膜の抵抗素子からなる流速センサであって、上記抵抗素子は

2つの電圧取出口を有し、上記各電圧取出口は全抵抗値の各抵抗との間で区切られるセンサ抵抗区間の電圧の測定を可能とならしめ、かつ上記センサ抵抗区間を上記センサ抵抗区間を除いた上記抵抗素子の対向する両側面に配置せしめるとともに、上記抵抗素子は薄膜の絶縁層に包まれて少なくとも一つの薄膜部材を形成し、上記薄膜部材は、上記ヒータ及び上記熱感知センサのほとんど大部分を上記雰囲気スペース上に保持するためになくともヒータ所において上記半導体基板の最上表面に被覆されてなることを特徴とする流速センサ。

04 上記半導体基板は(100)結晶面と(110)結晶軸を有するシリコンからなり、上記抵抗素子は上記(100)結晶面に対してほぼ平行となる平面上に配置されるとともに、上記抵抗素子を上記半導体基板に接合させる上記薄膜部材が、上記(110)結晶軸に対して0°と異なる角度をもって形成されてなることを特徴とする請求の範囲第16または第17項記載の流速センサ。

04 上記0°と異なる角度は、ほぼ45°であること

とを特徴とする請求の範囲第18項記載の流速センサ。

04 上記センサ抵抗区間は、上記センサ抵抗区間を除いた上記抵抗素子から、流測定媒体の流計のある与えられる変化に対して、上記センサ抵抗区間にはばらける熱がより大きく変化するように所望の距離だけ離されて配置されてなることを特徴とする請求の範囲第13、14、15、16または第17項記載の流速センサ。

3. 発明の詳細な説明

本発明は空気の流れ速度を測定する流速センサに関する。市販されている空気の流れ速度に關するセンサは、一般には、空気の流れの中に与える長いプローブの先端、または熱線カウミスタを配置するものである。これは、空気の流れによる冷却効果によって引き起こされる温度低下、それによってもなり電気抵抗値の変化により空気の流れ速度を測定するものである。このようなデバイス構成であるからセンサエレメントは空気の流れにさらされるので、破損や汚れを受け易いのである。

しかもこの空気による温度変化は全く直線性がないため、得られる電気信号を電子回路により、リニアライズすることが必要となる。さらにこれらは高価であるため産業には適さない。

本発明に關連しているものとして、次のような市販されている質量流量センサがある。このセンサは、空気やその他の測定ガスが通りぬける金属管と、この金属管の1区域を抵抗加熱する発熱器と、この区域に装着される2つの大きなヒートシンクと、この熱区域の中心とヒートシンクの間の熱区域の中間に對称的に金属板に取付けられる2つの熱電対から構成される。金属管を流しての空気の流れが、上流にある熱電対を冷やし、下流にある熱電対を熱する。発熱器が一定の電力で駆動されているとき、この熱電対の出力電圧の差が質量流量の測定のためとなる。これはかなり電力を必要とする大きな装置である。大きなダクトの内や、屋外での流量測定には適さないし、高価であり置けもできない。

すなわち、次のような特性を有する流速センサ

もしくは質量流量センサと、これに關連する信号処理回路が必要とされている。寿命が長く、メンテナンスフリーで、小型で、低消費電力で、広範囲な分野へ簡単に適用でき、大きな出力信号を有し、そして広い速度レンジにわたって直線性があるかあるいは容易に直線化できる出力特性を有するようなものである。更に高価が可能で、低価格なものでなければならぬ。

文献にはこれらの要求に關連して、流速センサを改善しようとしてなされたいくつかの試みが行われている。これらの試みは、以下に述べるように、一般的には、熱電対材料、シリコンなどの半導体特性を利用しようとするものである。これらの試みはいくつかの点で技術的な改善をもたらしたが、現在の流速センサとして求められている理由の特性に關して、いまだ不満足なものである。本発明は、いかなる原理技術よりも大巾にこれらの要求を満足するように、技術的に進歩している。次に、よく知られている最も關連が深い原理技術について述べることにする。

に、イノング(*)1)らが発明した流速センサは、シリコンチップの両端近傍に埋め込まれた拡散型トランジスタからなる同一の2つの温度検知素子と、これらの中心に配置されシリコンチップを空気温度より4.5℃熱するための拡散型トランジスタからなるヒータ素子から構成される。空気が流れると流れの上流に位置する温度検知素子は、下流に位置する温度検知素子よりもわずかに冷やされ、この2つの温度検知素子の温度差が電流の差になり、電圧に変換されて空気の流速が測定される。この温度検知素子は、感知できる程度の温度差を実現するために、チップの対向する両端に配置させなくてはならないが、それでも生ずる温度差は小さく、0~50 μm /秒の速度範囲で0~0.2℃以下の温度変化にすぎない。

* 1 J.H.Huijsing, et al: IEEE Transactions on Electron Devices, Vol. ED-29, NO. 1, pp. 133-136, January, 1982

バググテン(*)2)らが発明した流速センサは、シリコンチップの向い合う各4辺上に埋め込

まれた同一の拡散型抵抗素子から構成される。すべての抵抗素子は自己発熱し、これによりシリコンチップは流れてくる空気の温度よりかなり熱せられる。抵抗素子は電気的な2重ブリッジ回路で駆動される。空気の流れがないとき、すべての抵抗素子は同一温度になるので、2重ブリッジ回路は電気的にバランスする。空気の流れがあるとき、流れに対して垂直な上流及び下流の抵抗素子は、流れに対して平行な両側の抵抗素子より冷やされることになる。この温度差が2重ブリッジのバランスをくずし、空気の流れ速度が測定される。

* 2 A.F.P. Van Putten, et al: Electronics Letters, Vol. 10, NO. 21, pp. 425-426, October, 1974

マリン(*)3)らが発明した質量流量センサは、大きなシリコン細片上の拡散型抵抗素子からなる2つのセンサと、そのセンサの間の中流に配置される拡散型のヒータ素子から構成される。この技術は、市販されている金属管を熱するタイプの質量流量センサに類似している。空気の流れにより、

流れの下流に位置するセンサは熱せられ上流に位置するセンサは冷やされるので、これらのセンサの温度の差がセンサ両端に生ずる電圧の差をもたらし、質量流量が測定される。

* 3 K. Malin, et al: IBM Technical Disclosure Bulletin, Vol. 21, NO. 8, January, 1979

ラハナマイ(*)4)らは、結晶学的に配置される層かれた単結晶のタンタル酸リチウムの薄い板の片面全面に金属薄膜を付着させ、表面中心には薄膜状に付着させたヒータ抵抗素子を配置し、これから同じ距離離れて配置される2つの薄膜電極とから構成されるセンサを開示している。ここでタンタル酸リチウムの大きさは、長さ8mm、巾4mm、最小板厚は0.06mmである。文献に述べられているように、この板のFを空気が流れるようにするために、この板の両端を大きなネノ函の上に支持させている。上流と下流に位置する2つの電極は、片面の電極面との間で分離した同一のコンデンサを構成し、温度検知用のコンデンサとして動く。動作は、例えば2~10 Hzのような低い周

波数の電圧でヒータ素子を駆動することで、ヒータ素子を流れる空気の温度に対して周期的に熱する。センサ素子も、タンタル酸リチウムを画しての熱伝導率により、これに対応して周期的に熱せられることになる。このタンタル酸リチウムは絶電材料であることから温度に対して分極を生ずることになるが、空気の流れがないときには、2つのセンサに発生する周期的な分極電圧は同一のもとなる。従って空気の流れがないときの2つのセンサの間の電圧の差は0点となる。文献でも述べられているように、空気の流れがあるとき、上流に位置するセンサ素子は下流に位置するセンサ素子よりも冷やされることになるので、これらのセンサの温度の差が電圧の差をもたらす流速が測定される。

* 4 H. Rahnamai, et al: paper presented at the 1980 International Electron Devices Society of IEEE, Washington D.C., pp. 680-684, December 8-10, 1980
前述したように、これらの試みはいくつかの点

で技術的な改善をもたらしたが、現在のセンサとして求められている沢山の特性に関して、いまだ不満足なものである。本発明は、これらの要求を十分満足する技術を提出させたものである。

本発明は1対の薄膜の熱感知センサ22、24と、薄膜のヒータ26と、これらを厚かして保持する基板20とから構成される。そしてこの2個の熱感知センサ22と24は、ヒータ26の両側面に対向して配置される。

本発明の具体的な実施例として、基板20は半導体、その中でも特に精密なエッチング技術を用いる点と、チップの生産性の高い点からシリコンが選択される。そしてこの基板上に形成される格子形状をなす全く同一の2個の熱抵抗素子は薄膜の熱感知センサ22、24として働き、この2個のセンサの中央部に配置される格子形状をなす発熱抵抗素子は薄膜のヒータ26として働く。熱感知センサ22、24及びヒータ26としては、鉄とニッケルの合金、例えば80%のニッケルと20%の鉄からなるパーマロイといったものを使

うことが適している。これらの熱感知センサ22、24及びヒータ26は、例えば窒化シリコンからなる薄膜の絶縁層28、29により包まれて、薄膜部材を形成する。第1図及び第2図の実施例に示すように、センサは、ヒータ26の半分と熱感知センサ22からなる薄膜部材32と、ヒータ26の半分と熱感知センサ24からなる薄膜部材34とから構成され、巾150 μ 長さ1000 μ の大きさを持つ。

更に本発明で開示するセンサは、熱感知センサ22、24及びヒータ26を効果的に閉む窒化シリコン30を有する。この窒化シリコン30はシリコンの表面36に微細構造をもつて形成される。すなわち熱感知センサ22、24及びヒータ26は、約0.08~0.12 μ の厚さで縦間隔約5 μ の空間を有する巾5 μ の線からなり、しかもこれらは全体の厚さが約0.8 μ 以上になるような窒化シリコンの薄い膜によって包まれるように構成される。そしてエッチングによりくぼみである窒化シリコン30が、薄膜部材32、34の1のシリコ

ンの基板20の中に125 μ の深さで正確に形成される。薄膜部材32、34は、窒化シリコン30の1つまたはそれ以上のエッジにおいて、シリコンの基板20の表面36の最上部に接続される。例えば第3図に示すように、薄膜部材32、34は、窒化シリコン30を架橋するように、あるいは第3A図に示すように片持ちばりで構成することもできる。

窒化シリコンは非常に優れた熱的絶縁体である。薄膜部材32、34を含む窒化シリコンの膜が極めて薄かつ熱的絶縁もよいことから、窒化シリコン膜によるヒータ26の熱の損失は極めて小さく、ヒータ26から熱感知センサ22、24に伝わる熱のほとんどがヒータ26を取り囲む空気を通して伝えられることになる。すなわち窒化シリコン膜の熱伝導率が小さいことから、熱感知センサ22と24をヒータ26に極めて隣接して配置することができ、ヒータ26からの熱のほとんどは窒化シリコン膜を透らずにヒータ26を取り囲む空気を通して伝えられることになる。そして、

ヒータ26近傍の空気中に効果的に伝達させられた熱感知センサ22、24は、ヒータ26を取り囲む空気とヒータ26との温度を測定するプローブとして働くことになる。

空気の流速を検出するという本発明の原理を第2図に基いて説明する。ヒータ26は、基板20の温度より200 $^{\circ}$ Cで高くする一定の温度に加熱される。このシリコンの基板20の温度は流れている空気の温度とほとんど同じものである。具体的には、シリコンの基板20がTO-18パッケージのノットヘッドもしくはシリコンダイオードのようなポイントに搭載されている場合は、シリコンの基板20の温度は流れている空気の温度より0.5 $^{\circ}$ C程度高くなるにすぎない。又、ヒータ26の温度を流れる空気の温度より200 $^{\circ}$ Cで高く保つて、0.01Wより小さな電力が要求されるにすぎない。

ヒータ26からの熱伝導の大部分は空気スペース30を通じて周囲の空気を通して行われるが、本発明の実施例において空気の流れがないとき、

熱感知センサ22と24は平均温度で約140℃(200℃の約70%)に熱せられる。すなわち、図10に示すように、熱感知センサ22と24はヒータ26に対して正確に対称に配置されるので、空気の流速が0のときにはこの2つのセンサの温度は同一になり、この2つのセンサの抵抗値の差は生じない。従って0.1から1.0 mAの微小測定電流を流しても、この2つの熱感知センサに電圧の差は発生しないことになる。

空気の流れがあるときには、この実施例において上流に位置する熱感知センサ22はヒータ26へ向う空気の流れにより熱が運び去られるので冷やされ、一方、下流に位置する熱感知センサ24はヒータ26からの空気の流れによって熱せられることになる。これによって生ずる熱感知センサ22と24の間の抵抗値の差が電圧値の差をもたらし流速が測定される。増大しないときのこの電圧の差は、760 cm/sの空気の流れ速度において0.1 V程度のものである。

本発明においては、熱感知センサ22と24は

定電流で駆動され、前述したように空気が流れている状態のもとでの温度のバランスの変化を検出するように構成されている。なお、2つのセンサを定電圧モードで駆動するとか、定温度モードで駆動するとか、定電力モードで駆動するとかいうように、信号の差を生じさせるような方法であればこれに替わる他の方法で構成しても実現は可能である。

ヒータ26と熱感知センサ22、24の熱容量が極めて小さいことと、基板への接続手段である酸化シリコン膜により与えられる熱的絶縁性、空気をスペース30の存在により、本発明の応答性は測定結果によれば時定数が0.005秒と非常に速いものとなる。すなわち熱感知センサ22と24は空気の流れの変化に非常に速く応答できることになる。

本発明において、ヒータ26は空気の温度に対して一定の温度となるように駆動され、熱感知センサ22と24は定電流で駆動されることから、熱感知センサ22と24の温度変化は抵抗値の差

として検知されることになる。これらの機能を実現するための回路例を図4図及び図5図に示す。図4図に示された回路はヒータ26の温度を制御するためのものであり、図5図に示された回路は熱感知センサ22と24の間の抵抗値の差に比例する信号電圧を得るためのものである。

本発明において周囲の空気の温度は、シリコン基板20をヒートシンクとして形成される比較抵抗38によってモニタされる。比較抵抗38は、熱感知センサ22、24及びヒータ26と同様に75Vのゲーマロイによって構成されかつシリコンの表面36上に絶縁層28と29に包まれて配線される。

絶縁層28と29の厚さは合わせて0.8μmと非常に薄いため相対的に熱伝導がよくることから、これらの絶縁層の垂直方向を通して、熱感知センサ22、24、ヒータ26、比較抵抗38と熱線出入りすることになる。比較抵抗38は絶縁層に包まれて基板20の表面36に直接取り付けられており、ヒータ26がまわりの温度より200℃高

く熱せられていても周囲の空気の温度と0.5℃以内の範囲にある基板20の温度を容易に4℃で検知することになる。すなわち比較抵抗38は、基板20の温度を検知することにより、それとはほとんど一致する流れる空気の温度を検知することになる。

図4図に示される温度制御回路は、ヒータ26の温度を、比較抵抗38によって検出される周囲温度よりも高い一定値に保つためのヒータ駆動回路46により構成される。ここで前述したように本発明の実施例では、この一定値は約200℃に設定されている。ヒータ駆動回路46は、ヒータ26と抵抗36により分圧を、比較抵抗38と抵抗42、44により分圧を構成している。アンプ48と50からなる積分回路は、出力の電位を変化させることによりアンプ回路46がバランスするように動作し、ヒータ26によって消費される電力を一定に保つようにする。

図5図に示す回路は、この実施例において空気の流れの上流に位置する熱感知センサ22と、下

流に位置する熱感知センサ24との間の抵抗値の差を検出するためのものである。この回路は、アンペア72からなる定電流電源部52と、アンペア68と70からなる差動増中部54から構成される。定電流電源部52は、1辺に高インピーダンス抵抗56、58と、他辺に常調用可変抵抗60及び熱感知センサ22、24を有するホイーストブリッジ回路を駆動する。差動増中部54の利得は可変抵抗62により調整される。出力端64は熱感知センサ22と24の間の抵抗値の差に比例する出力電圧を出力する。

本実施例においては、アンペア48、50、66、72には4つのアンペアをもつLM324の各々のアンペアを使用し、アンペア68と70には2つのアンペアをもつOP-10の各々のアンペアを使用している。

本発明で開示するセンサの特徴の1つとしては、広いレンジの空気の流れ速度に対して、熱感知センサ22と24の感知する温度の差が大きくとれるように構成されている点があげられる。この結果、空気の流れ速度の関数となる出力端64の

出力が大きくとれるので、流速測定の精度が著しく高められ測定も容易となる。この温度の差が大きくとれることを、本発明の具体的実施例により得られる第6図に示す。すなわち、空気の流れて布やされる上流に位置する熱感知センサ22と、ヒータ26からの熱により熱せられる下流に位置する熱感知センサ24という2つのセンサの出力を結びつけることで、大きな温度差の効果が得られるのである。この熱せるといふ布やすとを結びつけて大きな温度差を得るためには、

- (1) 熱感知センサ22、24を空気に対して比較的強く熱的に結合させることが必要となる。すなわち熱感知センサ22、24がシリコンの基板20から実質的に熱的に絶縁されなくてはならない。そしてこれは、薄膜部材32、34を含む酸化シリコン膜の長手方向に付いた方向の熱伝導率が比較的小さいということと、薄膜部材32、34と基板20の間に約125μの厚さで正確に形成される空気スペース30により可能となる。

- (2) この実施例において空気の流れの上流に位置する熱感知センサ22を大きく布やすことが必要となる。これには熱感知センサ22の温度を高く設定する必要がある。そしてこれは、空気スペース30を介することで熱感知センサ22をシリコンの基板20から熱的に絶縁することと、薄膜部材32の長手に沿った方向の熱伝導率が小さいということと、ヒータ26の温度を高く設定することによって可能となる。このヒータ26の温度が高く設定できるためにも、空気スペース30を介してヒータ26をシリコンの基板20から熱的に絶縁することと、薄膜部材32、34の長手に沿った方向の熱伝導率が小さいということが必要である。

- (3) この実施例において空気の流れの下流に位置する熱感知センサ24を、ヒータ26からの熱を伝えることで大きく熱することが必要となる。これは空気スペース30を介することで熱感知センサ24をシリコンの基板20

から熱的に絶縁することと、薄膜部材34の長手に沿った方向の熱伝導率が小さいということと、ヒータ26の温度を高く設定することによって可能となる。このヒータ26の温度が高く設定できるためにも、空気スペース30を介してヒータ26をシリコンの基板20から熱的に絶縁することと、薄膜部材32、34の長手に沿った方向の熱伝導率が小さいということが必要である。

- (4) 熱感知センサ22と24の中心と、ヒータ26のエッジ部の間の距離を最適な値に選択する必要がある。

第7図には、空気の流れ速度がりのときの理想化された空気の温度分布曲線74と、空気の流れ速度がある任意な値のときの理想化された空気の温度分布曲線76と、理想的にばめられた熱感知センサ22と24の最も適切な配置距離を示す。ヒータ26に対して流れる上流側は空気で布やされることから、この温度分布曲線はこの側で距離の関数である。T1という値が与えられること

になる。ここで、このハT1はヒータ26の上流側のエッジからD1離れた位置で最も大きくなる。

一方、流れの1流側はこの流れによって伝わる熱で距離の関数であるハT2という値だけ温度が上がることになる。ここでこのハT2は、ヒータ26の下流側のエッジからD2離れた位置で最も大きくなる。D1とD2は等しい値である必要はないが、流れの速度が0のとき流速センサからの出力が0となるようにするために、流れ速度が0のときには熱感知センサ22と24の温度は等しくしてはならない。このため本発明の望ましい実施例としては、熱感知センサ22、24が実際に中を持っていることを考慮し、熱感知センサ22の中心までの距離D1と熱感知センサ24の中心までの距離D2を等しくする必要がある。これから、D1とD2が等しいという条件の下で、計算を考えなければ流速センサの出力は最大となるので、熱感知センサ22上にわたるハT1の平均値と、熱感知センサ24上にわたるハT2の平均値の合計が最大となることになる。以上のこと

はある適当な位置で起こることがみつかり、数分フィート分の流れ速度の速度レンジにおいては、このD1(=D2)の値は、シタの中のほぼ1/2の長さである。

従来技術による流速センサではわずかな温度差しか得られなかったのに対し、本発明では具体的な数値を示すならば、8600mm/secの流速においてはハT1の平均値とハT2の平均値の合計が約50℃と比較的大きくされる。これは、上方向の伝導率の小さい非常に薄い窒化シリコンの極めて薄膜部材32、34を包んだことと、熱感知センサ22、24及びヒータ26を窒素で囲むように窒素スペース30をおけたことで、熱感知センサ22、24及びヒータ26をシリコンの厚膜20から熱的に絶縁できるようになったこととから可能になったのである。熱感知センサ22、24及びヒータ26の下に形成される窒素スペース30の巾とくぼみの深さの寸法を正確に決めるには、後述する精密エッチング技術により実現される。この窒素スペース30が精度よく形成される

ことにより、センサチップ間の熱的絶縁性のばらつきを均一にすることができる。すなわち、センサチップ間の窒素の流れに対する応答のばらつきを均一にすることができる。

従来技術では、これらのセンサエレメントは、シリコンチップのような基板上に埋められるとか密着させられるとかいうような構成がとられていた。このため、センサエレメントの有意な温度差を取り出すために、センサエレメントをヒータの巾と比較して長い距離だけヒータから離す必要があった。しかしこのような従来技術で得られる温度差は、熱的な絶縁を基に構成される本発明のそれと比べ、1/100程度の小さなものにならざるを得ない。

ノボリイの従来技術を例にすると、ヒータとセンサのエレメントはタンタル酸リチウム基板上に付着されている。(タンタル酸リチウムの固有伝導率はシリコンのそれよりも小さいが、窒化シリコンのそれよりも70倍も大きな値を示す)。ヒータとセンサのエレメントは少なくとも600μ

の厚さを有するタンタル酸リチウム板に密着させて取り付けられている。この600μという値は、本発明の薄膜部材32、34を含む窒化シリコン膜の厚さである0.8μという値に比べて5倍も厚いものである。リチウム基板に密着したヒータエレメントと、そのエッジから0.5000μの間の距離に於いて配置されるセンサエレメントとの間の熱の伝導は、センサとヒータとの間の空気を介するものより、600μのリチウム基板を介するもので支配されてしまうのである。すなわち、ヒータは窒素によって効果的に取囲まれてはいないため、ヒータからセンサへの熱の大部分はリチウム基板を通して伝わってしまうことになる。この結果、この5000μの巾を有するセンサは、本発明に比べ窒素の流れに対してわずかな温度の増加しか検出できないことになる。ここで本発明のセンサは、ヒータのエッジから0.1000μの間の距離に於いて配置される。

従来技術に対して本発明のもう一つの長所は、熱感知センサ22、24及びヒータ26を、シリ

の厚さ30μmから効果的に熱絶縁させるために設けられる型気スペース30である。これにより前述したように、シリコンの基板20の温度はおおよそ室温で10℃という、ほとんど無視できる温度上昇に押えることができることになる。このため、本発明では、流速に対する出力特性は、シリコン基板とそれを支持するハウジングといったものとの間の熱的接触に全く依存しないということになる。これに対し従来技術では、センサの出力特性は取付け本体との熱的接触に大きく影響されていた。事実、クハツマイのセンサにおいても、出力特性は、取付け構造の方法に大きく影響されている。ヒュイソングらの従来技術においても、シリコンチップの固定台が流速に対する出力特性を悪くしていることが述べられている。バンゾウソンの従来技術においても、シリコンチップの熱的なショートを最小にするためにシリコンチップを普通に使われている200μmから50μmほど薄くしているが、このために固定台からの熱伝導により感度の低下を受け易くなる。マリンらの従来

技術においても、熱的なショートを防ぐためにシリコンの細片が用いられているが同様に固定台の影響を受けてしまうことになる。

本発明の2番目の長所は、広い流速レンジにわたって、熱感知センサ22と24の温度の差の直線性がよい点にある。従来技術においては、この温度の差は、流れ速度の平方根に比例している。この依存性のために、放物線的な出力特性として知られているように、流れ速度がVのときに流速がある値変化すると、2つのセンサの温度の差は $\frac{1}{2\sqrt{V}}$ 倍だけ変化することになる。このような増分特性であるから、流速が速くなるほど変化は小さいものになってしまう。その結果、電子回路のノイズやドリフトによって誤差を受け易くなるのである。本発明は流速の変化に対する出力特性の直線性が良好であるとともに、例えば0.1〜10000 cm/secあるいはそれ以上の流速領域で得られる電気出力信号が増大しなくても大きく取れるため、速い流速測定においてもドリフト等による誤差をほとんど無視できる程度にまで減らすこ

とができる。本発明によるセンサの、流速に対するこの温度差の典型的な出力特性を第8図に示す。この図には合わせて、ヒュイソングらのセンサの特性も比較のために示してある。

具体的な実施例として前述したように、本発明のセンサにおいて、ヒータ26の全抵抗値は第4図に示した回路により、任意の周囲温度において一定となるように駆動される。上述したような直線性のよい特性は、ヒータ26の近傍の温度分布に傾斜がある領域(第7図参照)の大部分をカバーするように十分広くまた適切に配置された熱感知センサ22と24を用いることで得られる。

このような構成にあって、熱感知センサ22の内部チップ76は、ヒータ26の近接チップ78に隣接して隣接(例えば5μmの間隔)して配置されている。空気の流れがないとき、近接チップ78からこの程度離れた近傍の空気温度はほとんど近接チップ78の温度に一致する。具体的実施例として、熱感知センサ22と24はおおよそ100μmの間隔を有していることから、熱感知センサ22

の外部チップ80はヒータ26の近接チップ78からおおよそ100μm離れて配置されている。空気の流れがないとき、この100μm程度離れた位置での空気温度は、ヒータ26の温度より周囲の空気温度すなわちシリコン基板の温度に近いものとなる(第7図参照)。このため、熱感知センサ22の外部チップ80は、暑い空気の流れ速度でも簡単にシリコンの基板20の温度近くまで冷やされてしまう。一方、熱感知センサ22の内部部分はヒータ26により直接熱的に結合されているので、周囲の空気温度まで冷やされるまで、速い空気の流速に容易に追いつく。熱感知センサ22の各々の格子部からの出力電圧効果は合成されると、流れの上流に位置する2つのセンサの流速に対する温度特性は、広い流速レンジにわたってより一定なものとなる。この特性は、前述の従来技術の固定台に相当するヒータのチップから離れないかなる位置にある1つの点あるいは1つの線形要素による特性と、対照をなすものである。本発明の望ましい具体例により示された熱感知センサ22

の、広い流速レンジにわたってこの直線性のある温度特性を第6図に示す。

流れの下流に位置する熱感知センサ24については、空気の流れによる熱伝達により抵抗値の増加が発生するが、上流に位置する熱感知センサ22の空気の流れによる抵抗変化よりは小さいものである。しかし本発明では、熱感知センサ24の内部エッジ84とヒータ26の近接エッジ86との間隔は5μ、熱感知センサ24の外部エッジ88とヒータ26の近接エッジ86との間隔はおおよそ100μと、従来技術に比べて近接しているため、ヒータ26から熱感知センサ24への空気の流れによる熱伝達は広い流速レンジにわたって効果的なものとなっている。主に空気スペース30によるこの効果的な熱伝達と熱感知センサ24の熱的絶縁により、広い流速レンジにわたって、流速の増加とともに熱感知センサ24の温度が大きく上昇することになる。本発明の望ましい具体例により実例された、下流に位置する熱感知センサ24の流れ速度に対しての温度変化を第6図に示す。

上流に位置する熱感知センサ22と、下流に位置する熱感知センサ24の流れ速度に対する特性を形成すると、第8図に示す特性が得られる。この図から、デュポン管の従来技術の特性カーブと比較して、広い流速レンジにわたって直線性がある点、そして大きな信号レベルが得られる点がある。

本発明のセンサの流れ速度に対して大きな出力特性を有するという利点の一つとしては、センサ寿命を長くし乱流の影響からのがれるために流れ速度を減速することが望まれているような分野への適用を促進させるという点がある。また本センサでは、空気の流れがシリコン基板上に平行なものと、シリコン基板上に流れの強い表面層が形成されるので空気の流れの強い領域は基板上の表面層から離れることとなることから、薄膜の熱感知センサ22、24及び薄膜ヒータ26は、空気に含まれる粒子の衝突による損傷から免れることができるという利点もある。

第2図において図式的に表わした熱感知センサ

22、24及びヒータ26を、一実施例である第9図に詳細に示す。開口部82は、前述するエッチングを容易とするために酸化シリコン内に刻まれる。リード部92とパセラロイ線90は、シリコン基材32と34上における対称的な熱伝達特性を確保するために対称的に作られる。この実施例では、薄膜部材32と34の大きさは、おおよそ巾150μ、長さ300μである。熱感知センサ22、24及びヒータ26の厚さは0.08μであり、熱感知センサ22、24の抵抗値は740Ωで、ヒータ26の抵抗は840Ωである。熱感知センサ22、24の大きさは、おおよそ巾100μ、長さ175μである。前述したように、熱感知センサ22と24はヒータ26から1ライン巾(5μ)分、離れている。すなわち、熱感知センサ22の内部エッジ76はヒータ26の近接エッジ78から5μ、熱感知センサ24の内部エッジ84はヒータ26の近接エッジ86から5μだけ離れている。本発明の他の実施例については、特に述べないならば熱感知センサ22、24及びヒ

ータ26の厚さは0.08μであり、格子を形成する層の巾は5μで線間の距離は5μであり、この格子は80本のニッケルと20本の鉄からなるコーダロイで構成されているものとする。本発明に述べられている他の寸法と同様に、これらの値は実際のプロセスにおいて使われた適切なものであるからして、これに限定するものではない。

本発明の他の実施例を第10図に示す。第9図に示される実施例と同様に、第10図に示す実施例も、空気スペース30を架跨する32A、34Aとニッケル付けされた22の薄膜部材から構成される。そして、分割されたヒータ26Aが用いられており、薄膜部材32A上にこのヒータ26Aの半分が薄膜部材34A上にこのヒータ26Aの残り半分が配置される。センサ22A、24Aは、前述した熱感知センサ22、24より長く、その大きさは、おおよそ巾200μ、長さ175μである。その上、センサ22Aと24Aは、ヒータ26Aから25μと、前述した実施例よりも離れ

て配置される。すなわち、センサ22Aのエッジ76Aはヒータ26Aのエッジ78Aから25μ、センサ24Aのエッジ84Aはヒータ26Aのエッジ86Aから25μだけ離れて配置されている。この実施例では、薄膜部材32A、34Aの大きさはおよそ巾150μ、長さ350μであり、センサ22A、24Aの抵抗値は670Ωで、ヒータ26Aの抵抗値は840Ωである。更に第10図の実施例においては、薄膜部材32Aと34Aは、ペーパロイ板96によって強化された絶縁部94により絶縁される。この絶縁部94は、薄膜部材32Aと34Aを同一平面上に保つための役割を果たす。リード部92Aは、薄膜部材32A、34Aの中心部の強度を増すために、薄膜部材32A、34Aの中心線に沿って配置される。

下層実験によれば、同じ流れ速度についてみると、第10図の実施例の出力は、第9図の実施例の出力より約100%も大きいものであった。しかしながら、これらの実験において、第9図の実施例は第1図に示すようにチップの中心位置に

配置されたが、一方第10図の実施例はチップの端に配置された。そのため、第10図に示すように空気スペース30Aの上流部分が開かれるか、あるいは第12図に示すように空気スペース30Aの下流部分が開かれると必然より調圧により流れないで、空気がより流れ易くなることになる。第11図の配置例と第12図の配置例では、どちらもチップの中心に配置する第9図の配置例より出力特性は大きくなるのであるが、第11図の方が第12図よりもかなり大きな出力を示した。第10図の実施例が第9図の実施例より大きな出力を示した点について、配面位置の違いからきているのか、設計上の違いからきているのか、あるいはその両方が関与しているのか、いまだ判明していない。第11図の実施例においては、基板20Aの先端エッジの少なくとも一部分を取り除くという変更ができることを書き留めておく。すなわち、例えば基板20Aの部分118を概120のところまで取り除くことで、薄膜部材32Aの先端エッジの露出を大きくさせていく。

いったことである。そして、第11図の実施例が、チップの中心に配置された第9図の実施例よりかなり大きな出力特性を示したことについては、少なくとも以下に示す2つの観点から説明され得ることを書き留めておく。第1の点は、前述したように第11図の実施例では空気スペース30Aの上流部分が開かれるので、調圧によって流れない流れを受けることになるからである。このように、この薄膜部材32Aと34A、特に32Aの先端エッジ部はより流れを受け易くなることになる。第2の点は、第11図に示すように、シリコン基板20Aの先端エッジから始まる自由流速度規格値37Aが、第18図に示すシリコン基板20の先端エッジから始まる自由流速度規格値37より、薄膜部材32A、34Aを高速の流れに近く置いていることがわかる。規格値37の場合、第18図に示す薄膜部材32、34は、第11図に示す薄膜部材32A、34Aに比べ速い流れ速度に対してより速いことから、速い流速に露出されることもなくなる。

第13図に示す実施例では、センサ22C、24Cとヒータ26Cは、空気スペースを形成する別々の薄膜部材上に配置されている。この実施例では、ヒータ26Cはセンサ22C、24Cの近い方のエッジから50μ離れて配置される。すなわち、ヒータ26Cのエッジ78Cはセンサ22Cのエッジ76Cから50μ、ヒータ26Cのエッジ86Cはセンサ24Cのエッジ84Cから50μ離れて配置される。この実施例では、センサ22C、24C及びヒータ26Cの抵抗値は1000Ωで、大きさはおよそ巾135μ、長さ150μである。そして3つの集電部の大きさはおよそ巾150μ、長さ360μである。ペーパロイ板90Cは薄膜部材の強度を増すために、リード部92Cから中央部までの両端の熱伝導性をほぼ同じものとするために加えられる。

第13図に示すチップの出力特性は、第9図及び第10図に示すチップの出力特性よりかなり小さなものであった。これは、ヒータ26Cとセンサ22C、24Cとの間を50μだけ離れたことと、

センサの巾を大きくしたこととセンサとヒータとの中心間の距離が広がったことに起因していると考えられる。従って第13図の実施例に関連づけて第7図を参照するならば、センサ22Cと24Cの中心部は適切な距離D1、D2よりかなり離れて配置されることになり、その結果、一定の流束密度においてセンサ22Cと24Cとの間で得られる平均的溫度差はかなり小さくなってしまっている。

第7図に例示して前述したように、1つのセンサ全体にわたってのヘT1の平均値と、四方のセンサ全体にわたってのヘT2の平均値の合計値を最大にするようにすることが望ましい。これは理想的には、抵抗値は非常に小さなものとなるが非常に狭いセシサエレメントを使うことで、最も適切に実行できるであろう。しかしながら実用的な回路の考察から、センサの抵抗値は少なくとも100Ω以上は要求され、700Ωから1000Ωの間にあることが望ましいのである。この要求と、溝設部材構造の長さにかかる実際の制限と、

電流密度上の制限と、これらと関連する抵抗率の溝設の厚さとを結びつけると、適当な抵抗値を実現するために、センサ格子の巾は少なくとも75μは必要であるということになる。これらのことから、望ましい実施例のセンサの巾はそれほど狭くできなくて、多少の巾を有することになる。

第7図に示された理想的な温度カーブ上のヘT1の平均値とヘT2の平均値の合計を最大にするためには、巾が75μがそれ以上という結果となったが、センサのエッジをヒータのエッジに近づけてはならないため、第9図の実施例において、窒化シリコンの空間を削りてヒータからセンサのエッジに依る望ましくない熱は無視できるものではなくなる。従って出力特性も最大となるというものよりは小さくなってしまふ。5μというわずかなスペースにしたことにより、実例された出力特性は従来技術の3〜5倍であったが、第10図の実施例の出力特性とはほとんど同じかむしろいく分小さなものであった。これらの考察の結果から次の結論が導き出される。実施例におい

て、他の寸法を等しいままにして窒化シリコン溝の厚さ0.8μを厚くすると、流束に対する出力特性が大きく低下することになる。これは、厚さを増すと、これを削りての熱伝導が増加することで、センサはヒータにより密接に熱的に結合されてしまうことになるからである。

第13図の実施例の考えられる欠点としては、ヒータと2つのセンサが空気スペースを架橋する別々の溝設部材上にあることから、製造過程を通しての色々な種類の物理的変形といったもので、ヒータとセンサの一部が同一平面上でなくなりかねることにある。この欠点は、第9図及び第10図の実施例では実質上無視できるものであることに注意しておく。すなわち、各々のセンサは直接同一溝設部材上にあるヒータの一部に隣接するので、ヒータとセンサはほぼ同一平面上にあることが保証されるのである。

第14図に示す実施例において、溝設部材4Dによって溝設された溝設部材32D、34Dは、各々その上にヒータ26Dとセンサ22D、24Dの

半分ずつを直列に配置して、空気スペースに平衡されている。センサ22Dと24Dの熱的バランスを保證するために、溝設部材の格子22D、24D、26Dと溝設部材4Dは概り0D、900D及びリード部92Dは、180°の回転対称を有している。溝設部材4Dは、溝設部材の中心線に沿った強度を増すために設けられ、溝設部材4Dは溝設部材の中心線に沿った強度を増すとともに、対称的な熱伝導特性を有するものである。この実施例において、空気の流束は、今まで述べた溝設部材の横方向に流れては行われる実施例とは異なり、典型的には溝設部材の長さ方向に流れる。センサ22D、24Dは比較的狭く、各センサの平均の大きさは巾75μ、長さ135μである。ヒータ26Dの格子はセンサ22D、24Dは25μ離れている。各溝設部材上は、センサ22D、24D及びヒータ26Dの半分ずつをもたすことか、同一平面上を保證することを助けている。第14図の実施例において、各溝設部材の大きさは巾150μ、長さ

1800Ωであり、ロータ26Dの抵抗値は1300Ωで、センサ22D、24Dの抵抗値は1050Ωである。この実施例の流れに対する出力特性は、前述した実施例に比べて小さなものである。これは、溝槽部材の下の空気の流れが比較的小さいこと、センサが空気スペースの壁面より近いため、シリコン基板と熱的により密接に結合されていることに起因している。

第15図に示す実施例では、空気スペースを形成する溝槽部材は1つにより構成されていて、流れは典型的には溝槽部材の長さ方向に合致される。この溝槽部材の大きさはおよそ巾150μm、長さ480μmであり、ロータ26Eの抵抗値は710Ω、センサ22E、24Eの抵抗値は440Ωである。抵抗値が小さい点と、エレメントが1つの溝槽部材上に配置されている点を除けば、この実施例は実質的に第14図の実施例と同一のものであり、パーコライタ90Eとリード部92Eとは溝槽部材の中心線に沿った強度を増し、リード部92Eと92Eとは180°の熱的な対称性を与え

る。

今までの述べた実施例では、ロータとセンサのシリコンは互いに分離された電気モジュールであった。これに対して、第16図と第17図に示される流連センサは、単一の抵抗格子から構成されている。そしてこの格子は、これから述べるように、ロータとしてばかりでなく2つのシリコン上でも機能するのである。すなわち、第16図に示す実施例は、電圧取出し108、109を有する電気的抵抗性の格子26Fから構成され、この電圧取出し108は、全抵抗の各々の終端点における抵抗区間の電圧の測定を可能としている。408とされている電圧取出し109は、109は、111からなる格子の各々の両端の4本の格子線を取り出しているが、これに限らず望む何本の格子線を取り出すことも可能である。更に、取出し部分と非取出し部分（中央部分）との間の空間も、示されている111線中の空間から変更することも可能である。

図に示されているように、電気的抵抗性の格子26Fは、溝槽部材32Dの中央の面積のほとんど

を占めている。格子26Fの格子線は、溝槽部材32Dの長さ方向に対して平行に配置される。格子26Fの全抵抗値は1510Ωで、電圧取出し109は、全抵抗値の両終端点とにより区切られる330Ωの抵抗区間の測定を可能とせしめている。格子26Fを空気スペース30の上で支持する溝槽部材32Dの大きさは、図に示された実施例においては、およそ巾150μm、長さ400μmである。パーコライタ106と108は電気的に接続されていて、溝槽部材32Dを強化するために使われている。

第14図、第15図、第17図に示された実施例においては、ロータとセンサは溝槽部材の長さ方向に沿って配置されており、空気の流れも図に示されているように典型的には溝槽部材の長さ方向と平行になるように配置される。空気の流れが溝槽部材の横方向に合致されたとき表面の形状で小さな乱流が発生する可能性があるのに対して、これらの実施例の長所は、この小さな乱流を引き起こさない平坦的な表面を保護する点にある。

第14図の実施例に関連して述べたように、空気の流れを溝槽部材の長さ方向に合致させる実施例の考えられる欠点としては、空気の流れを溝槽部材の横方向に合致させる実施例と比べ、溝槽部材の下の空気の流れが小さくなることである。

リード部102、104を第4図に示すような回路に接続することで、格子26Dは、周囲より約200℃高い温度に自己加熱されることになる。そのような温度においては、格子26Dの全抵抗値はおよそ2500Ωになる。空気の流れは典型的には溝槽部材32Dの横方向に合致されるため、下流側よりも上流側をより暖めることになる。2つの電圧取出し108区間が同一であるならば、空気の流れがないとき、電圧の差は0である。空気の流れがあるとき、2つの電圧取出し108区間に温度差が生ずるため、抵抗値の差が生じ、電圧差が発生する。この電圧差が空気の流れ速度に対応するロータの出力となる。

第17図に示される実施例は、抵抗性の格子26Fの格子線が溝槽部材32Dの中央の面積のほとん

て面受するよう配置されている点と、空気の流れが典型的には薄膜部材326の中心線に対して平行に向けられている点を除けば、第16図の実施例と実質的に同一のものである。第17図の実施例において箔子266の全抵抗値は1420Ωで、電圧取出し198Ω、100Ωと全抵抗値の各端端との抵抗区間の抵抗値は320Ωである。第16図及び第17図の実施例の箔子の全抵抗値は、典型的には約25Ωにおいて、おおよそ500Ωから2000Ωの範囲の値にある。全抵抗値の各端端と電圧取出し点との抵抗区間の抵抗値は、典型的には箔子の全抵抗値のおおよそ20%から40%の範囲の値にある。この実施例に示されたその他のパラメータと同様に、これらのパラメータの値も一様にすぎず、これに限定するものではない。

これに替わる流速センサの構成としては、空気スペース30を隔切る1つあるいは複数の薄膜部材に示される、2つの自己発熱性の抵抗素子を有するものが考えられる。ここで1つの抵抗素子

は他の抵抗素子に対して上流に置かれ、両者の抵抗素子もヒータ及びセンサとして互に動作するように構成される。すなわち、上流の抵抗素子が周囲に対して一定温度高くなるように熱せられると、下流の抵抗素子の温度が検出される。そして下流の抵抗素子はその機能を交代し、その前に上流として動いた抵抗素子が今度は周囲に対して一定温度高くなるように熱せられ、残りのもう一つの抵抗素子の温度が検出されることになる。このように2つの抵抗素子は各々、自己発熱モードで温度検出モードを交互に切換えていく。すなわち、抵抗素子が温度検出モードにあるときは、自らの発熱によって熱せられることはなく、自己発熱モードにある他の抵抗素子によって熱せられることになる。自己発熱モードで同じ温度に熱せられるようにされているならば、空気の流れがないとき、温度検出モードにおける各々の抵抗素子は、ほとんど同一の温度に熱せられることになるであろう。このように、空気の流れがないという状態のもとでは、2つのパルス化された温度信号の差はほと

んどゼロになる。そして空気の流れがあるときには、下流の抵抗素子は上流の抵抗素子よりも熱せられることになることから、2つの抵抗素子の温度信号に有意な差が生じ、その結果、流速検出信号が得られることになる。

他のこれに替わる流速センサの構成としては、空気スペース30を隔切る1つあるいは複数の薄膜部材に示される、3つの抵抗素子を有するものが考えられる。ここで中央の抵抗素子は自己発熱され、両端の抵抗素子は自己発熱しないようにしておき、しかも中央の抵抗素子は、自己発熱の温度パルスの増加と減少が電流パルスの印加と減除において熱的な平衡に近づくようなパルス印加間隔を有する電流パルスによって発熱されるように構成される。ここで典型的には、このパルス印加パルス間隔は等しく設定される。センサとして働く2つの抵抗素子は、空気を介しての熱伝達係数より発熱パルスに対応するものを感知する。すなわち、先述述べたように空気の流れに影響されて、発熱パルスはセンサ素子内に対応する発熱パルス

を引き起こす。抵抗素子をパルスで発熱させるための回路は、一定の温度で発熱させるいわばDCモードに要求される回路よりはかなり複雑となるが、応用上いくつかの利点を得られる。例えば、この構成の流速センサの出力は、実際上、2つのセンサ素子によって感知される温度パルスに対応する電圧パルスを引き算することによって得られる。すなわち、2つの交流パルスの差が出力されることになる。このような交流成分の出力は、流速センサと信号処理回路との間に電圧増幅が必要となるようなときには、都合がよい。他の利点としては、センサとして働く2つの抵抗素子の抵抗値のおおむね変化の速いにより引き起こされる流速測定誤差を小さくすることができるといえる点がある。この抵抗値の変化の速いのは、例えばセンサの汚れとか酸化の速いにより引き起こされる。2つのセンサの交流電圧の差をとることによって、このような誤差は小さくすることができるといえる。なぜなら、差をとることによって、酸化とか汚れとかによるセンサの

抵抗値の変化は、抵抗値そのものの変化としてではなく、交流パルスのわずかな変化としてとらえられることになるからである。これから、出力の電圧部品の大きさは、おおよそ、センスのパルス抵抗値に対する抵抗値の比と等しくなる因子まで減小せられることになる。この因子の大きさは調べたところでは、第1図の実施例のおおよそ2の値から他の実施例のおおよそ10の値まで広がっている。センスエッジの使い方は応用上望ましいものであるが、信号処理回路が複雑になることから、本発明の実施例においては必ずしも必要なものではないし典型的には用いられていない。なおパルスエッジの動作では、パルス的に熱するためには、フレッドパワード社の3310というラングランシング・ネレータを用いた。そのような回路は、シリコンの基板20上、すなわち領域116において形成化させることが可能である。

本センスを製造するプロセスには、(100)の結晶面を有するシリコンウェーが用いられ、これの表面36には酸化シリコンの絶縁層29が

形成される。この絶縁層29は典型的には4000Åの厚さであり、普通の低圧ガス放電のスパッタリング技術により付着され形成される。なお、典型的には800Åのスパッタ層と200Åの厚さからなるニッケルの一極を層を、800Åの厚さをもつ酸化シリコン膜上に、スパッタリングにより付着させる。

適当なフォトマスクとフォトレジストとを用いて、酸化シリコン膜を用いることにより、第2図の22、24、26、38に示すようなパターン101のレジスタが描かれる。

そして2番目の酸化シリコンの絶縁層28が、スパッタにより付着される。この層の厚さは典型的には4000Åであり、抵抗エッジを形成するために形成される。

溝部材32、34を形成するためには、開口部82(他の実施例では82A、82B、82C、etcとラベル付けされている)が、酸化シリコンを通して(100)結晶面のシリコン表面までエッチングされる。開口部82の大きさは、約25ミ

設計上の選択の問題である。破線114(他の実施例では114A、114C、114D、etcとラベル付けされている)が空気スペース30のおおよその形状を表わしている。

最後に、酸化シリコンをいらない異方性のエッチング液を使い、制御された方法により、溝部材32、34の下のシリコンをエッチングする。エッチング液としては、KOHとイソプロパノールアルコールを混合したものが適している。空気スペース30の傾斜面は、エッチング液に対して抵抗性のある(111)あるいは他の結晶面により囲まれている。空気スペース30の底面は、エッチング液に対してほとんど抵抗性のない(100)結晶面であり、溝部材32、34から一定の距離すなわち125μの位置におかれている。この位置は、エッチングの時間を加減することによって実現される。空気スペースの深さを制御するために、エッチングを中止したようなエッチングを停止させるストップ層を用いることもできるが、本発明の形成には特に必要ではない。エッチングの時

間を加減することによって、空気スペース30の深さは約3μの精度もしくは約2μで制御できることになる。この精度が、溝部材を取り囲む空気スペースの熱伝達特性と、空気の流れ速度に対する特性の正確な再現性を導き出すことになる。

第3A図に示されるような片持ち梁の溝部材の下や、第3図に示されるような架橋する溝部材の下を有効的に配列するため、第2図に110として示される溝部材34の直線レジスタは、シリコンの11101結晶面に対して垂直でない角度112をもつて配置される。本発明においては、溝部材の直線レジスタは軸を、シリコンの11101結晶面に対してある角度で配置するという内容も含まれているが、溝部材のレジスタを直線に形成しない、もしくは軸を正確に決定できないような非直線溝部材を取り入れることもありうる。しかしながらこれらから導き出すように、溝部材の配置は、このプロセスの工程を最上時間で実現するような角度をもつて配置される。角度112を軸112'とするとき、112'は、溝

膜部材の加工を簡便とする時間は短小とすることができ、更に角度を 0° としないことで、図3図4に示されるような両端が屈折しているシリコンの製作が可能となるのである。すなわちこのような型模する薄膜部材は、薄膜部材の直線エッジを径 $1-1.10\mu$ 曲方向に配置させたのでは形成することができない。これは薄膜部材の直線エッジが $1-1.10\mu$ 軸方向に配置されていると、この直線エッジに沿ってさらされる $(1-1.1)$ 結晶面に対して、異方性のエッジング液が削りとりていかなることからきている。

角度 $1-1.2$ を 4.5° にすると、半導体と薄膜部材との支持境界面をすばやく丸め、平たんにすることになる。これにより、 4.5° に角度を持たない場合に発生する酸化シリコンの絶縁層22の下で2つの $(1-1.1)$ 結晶面の交差点における応力集中点をなくすることができる。

前述したように、いくつかの応用例においては、2つの薄膜部材を連結手段を用いて連結することが望ましい。(この連結手段としては、例えば第

10図の連結部材10や第14図の連結部材14を参照)。第10図において、連結部材14は、各々の薄膜部材と窒素 N_2 ・酸素 O_2 の成れの間のエッジを一緒に保つように働く。すなわちこれらの間の熱伝達特性の一様性を保つためにも、エッジ内での特性の一様性を補助するのである。同様な理由により、前述したように1つの薄膜部材11は、抵抗素子を一つもしくはそれ以上の素子を配置するか、一つの素子と他のエレメントの一部を同時に配置させた方が好都合である。(第11、12、13、14、15、16、17、18、19、20、21、22、23、24、25、26、27、28、29、30、31、32、33、34、35、36、37、38、39、40、41、42、43、44、45、46、47、48、49、50、51、52、53、54、55、56、57、58、59、60、61、62、63、64、65、66、67、68、69、70、71、72、73、74、75、76、77、78、79、80、81、82、83、84、85、86、87、88、89、90、91、92、93、94、95、96、97、98、99、100、101、102、103、104、105、106、107、108、109、110、111、112、113、114、115、116、117、118、119、120、121、122、123、124、125、126、127、128、129、130、131、132、133、134、135、136、137、138、139、140、141、142、143、144、145、146、147、148、149、150、151、152、153、154、155、156、157、158、159、160、161、162、163、164、165、166、167、168、169、170、171、172、173、174、175、176、177、178、179、180、181、182、183、184、185、186、187、188、189、190、191、192、193、194、195、196、197、198、199、200、201、202、203、204、205、206、207、208、209、210、211、212、213、214、215、216、217、218、219、220、221、222、223、224、225、226、227、228、229、230、231、232、233、234、235、236、237、238、239、240、241、242、243、244、245、246、247、248、249、250、251、252、253、254、255、256、257、258、259、260、261、262、263、264、265、266、267、268、269、270、271、272、273、274、275、276、277、278、279、280、281、282、283、284、285、286、287、288、289、290、291、292、293、294、295、296、297、298、299、300、301、302、303、304、305、306、307、308、309、310、311、312、313、314、315、316、317、318、319、320、321、322、323、324、325、326、327、328、329、330、331、332、333、334、335、336、337、338、339、340、341、342、343、344、345、346、347、348、349、350、351、352、353、354、355、356、357、358、359、360、361、362、363、364、365、366、367、368、369、370、371、372、373、374、375、376、377、378、379、380、381、382、383、384、385、386、387、388、389、390、391、392、393、394、395、396、397、398、399、400、401、402、403、404、405、406、407、408、409、410、411、412、413、414、415、416、417、418、419、420、421、422、423、424、425、426、427、428、429、430、431、432、433、434、435、436、437、438、439、440、441、442、443、444、445、446、447、448、449、450、451、452、453、454、455、456、457、458、459、460、461、462、463、464、465、466、467、468、469、470、471、472、473、474、475、476、477、478、479、480、481、482、483、484、485、486、487、488、489、490、491、492、493、494、495、496、497、498、499、500、501、502、503、504、505、506、507、508、509、510、511、512、513、514、515、516、517、518、519、520、521、522、523、524、525、526、527、528、529、530、531、532、533、534、535、536、537、538、539、540、541、542、543、544、545、546、547、548、549、550、551、552、553、554、555、556、557、558、559、560、561、562、563、564、565、566、567、568、569、570、571、572、573、574、575、576、577、578、579、580、581、582、583、584、585、586、587、588、589、590、591、592、593、594、595、596、597、598、599、600、601、602、603、604、605、606、607、608、609、610、611、612、613、614、615、616、617、618、619、620、621、622、623、624、625、626、627、628、629、630、631、632、633、634、635、636、637、638、639、640、641、642、643、644、645、646、647、648、649、650、651、652、653、654、655、656、657、658、659、660、661、662、663、664、665、666、667、668、669、670、671、672、673、674、675、676、677、678、679、680、681、682、683、684、685、686、687、688、689、690、691、692、693、694、695、696、697、698、699、700、701、702、703、704、705、706、707、708、709、710、711、712、713、714、715、716、717、718、719、720、721、722、723、724、725、726、727、728、729、730、731、732、733、734、735、736、737、738、739、740、741、742、743、744、745、746、747、748、749、750、751、752、753、754、755、756、757、758、759、760、761、762、763、764、765、766、767、768、769、770、771、772、773、774、775、776、777、778、779、780、781、782、783、784、785、786、787、788、789、790、791、792、793、794、795、796、797、798、799、800、801、802、803、804、805、806、807、808、809、810、811、812、813、814、815、816、817、818、819、820、821、822、823、824、825、826、827、828、829、830、831、832、833、834、835、836、837、838、839、840、841、842、843、844、845、846、847、848、849、850、851、852、853、854、855、856、857、858、859、860、861、862、863、864、865、866、867、868、869、870、871、872、873、874、875、876、877、878、879、880、881、882、883、884、885、886、887、888、889、890、891、892、893、894、895、896、897、898、899、900、901、902、903、904、905、906、907、908、909、910、911、912、913、914、915、916、917、918、919、920、921、922、923、924、925、926、927、928、929、930、931、932、933、934、935、936、937、938、939、940、941、942、943、944、945、946、947、948、949、950、951、952、953、954、955、956、957、958、959、960、961、962、963、964、965、966、967、968、969、970、971、972、973、974、975、976、977、978、979、980、981、982、983、984、985、986、987、988、989、990、991、992、993、994、995、996、997、998、999、1000、1001、1002、1003、1004、1005、1006、1007、1008、1009、1010、1011、1012、1013、1014、1015、1016、1017、1018、1019、1020、1021、1022、1023、1024、1025、1026、1027、1028、1029、1030、1031、1032、1033、1034、1035、1036、1037、1038、1039、1040、1041、1042、1043、1044、1045、1046、1047、1048、1049、1050、1051、1052、1053、1054、1055、1056、1057、1058、1059、1060、1061、1062、1063、1064、1065、1066、1067、1068、1069、1070、1071、1072、1073、1074、1075、1076、1077、1078、1079、1080、1081、1082、1083、1084、1085、1086、1087、1088、1089、1090、1091、1092、1093、1094、1095、1096、1097、1098、1099、1100、1101、1102、1103、1104、1105、1106、1107、1108、1109、1110、1111、1112、1113、1114、1115、1116、1117、1118、1119、1120、1121、1122、1123、1124、1125、1126、1127、1128、1129、1130、1131、1132、1133、1134、1135、1136、1137、1138、1139、1140、1141、1142、1143、1144、1145、1146、1147、1148、1149、1150、1151、1152、1153、1154、1155、1156、1157、1158、1159、1160、1161、1162、1163、1164、1165、1166、1167、1168、1169、1170、1171、1172、1173、1174、1175、1176、1177、1178、1179、1180、1181、1182、1183、1184、1185、1186、1187、1188、1189、1190、1191、1192、1193、1194、1195、1196、1197、1198、1199、1200、1201、1202、1203、1204、1205、1206、1207、1208、1209、1210、1211、1212、1213、1214、1215、1216、1217、1218、1219、1220、1221、1222、1223、1224、1225、1226、1227、1228、1229、1230、1231、1232、1233、1234、1235、1236、1237、1238、1239、1240、1241、1242、1243、1244、1245、1246、1247、1248、1249、1250、1251、1252、1253、1254、1255、1256、1257、1258、1259、1260、1261、1262、1263、1264、1265、1266、1267、1268、1269、1270、1271、1272、1273、1274、1275、1276、1277、1278、1279、1280、1281、1282、1283、1284、1285、1286、1287、1288、1289、1290、1291、1292、1293、1294、1295、1296、1297、1298、1299、1300、1301、1302、1303、1304、1305、1306、1307、1308、1309、1310、1311、1312、1313、1314、1315、1316、1317、1318、1319、1320、1321、1322、1323、1324、1325、1326、1327、1328、1329、1330、1331、1332、1333、1334、1335、1336、1337、1338、1339、1340、1341、1342、1343、1344、1345、1346、1347、1348、1349、1350、1351、1352、1353、1354、1355、1356、1357、1358、1359、1360、1361、1362、1363、1364、1365、1366、1367、1368、1369、1370、1371、1372、1373、1374、1375、1376、1377、1378、1379、1380、1381、1382、1383、1384、1385、1386、1387、1388、1389、1390、1391、1392、1393、1394、1395、1396、1397、1398、1399、1400、1401、1402、1403、1404、1405、1406、1407、1408、1409、1410、1411、1412、1413、1414、1415、1416、1417、1418、1419、1420、1421、1422、1423、1424、1425、1426、1427、1428、1429、1430、1431、1432、1433、1434、1435、1436、1437、1438、1439、1440、1441、1442、1443、1444、1445、1446、1447、1448、1449、1450、1451、1452、1453、1454、1455、1456、1457、1458、1459、1460、1461、1462、1463、1464、1465、1466、1467、1468、1469、1470、1471、1472、1473、1474、1475、1476、1477、1478、1479、1480、1481、1482、1483、1484、1485、1486、1487、1488、1489、1490、1491、1492、1493、1494、1495、1496、1497、1498、1499、1500、1501、1502、1503、1504、1505、1506、1507、1508、1509、1510、1511、1512、1513、1514、1515、1516、1517、1518、1519、1520、1521、1522、1523、1524、1525、1526、1527、1528、1529、1530、1531、1532、1533、1534、1535、1536、1537、1538、1539、1540、1541、1542、1543、1544、1545、1546、1547、1548、1549、1550、1551、1552、1553、1554、1555、1556、1557、1558、1559、1560、1561、1562、1563、1564、1565、1566、1567、1568、1569、1570、1571、1572、1573、1574、1575、1576、1577、1578、1579、1580、1581、1582、1583、1584、1585、1586、1587、1588、1589、1590、1591、1592、1593、1594、1595、1596、1597、1598、1599、1600、1601、1602、1603、1604、1605、1606、1607、1608、1609、1610、1611、1612、1613、1614、1615、1616、1617、1618、1619、1620、1621、1622、1623、1624、1625、1626、1627、1628、1629、1630、1631、1632、1633、1634、1635、1636、1637、1638、1639、1640、1641、1642、1643、1644、1645、1646、1647、1648、1649、1650、1651、1652、1653、1654、1655、1656、1657、1658、1659、1660、1661、1662、1663、1664、1665、1666、1667、1668、1669、1670、1671、1672、1673、1674、1675、1676、1677、1678、1679、1680、1681、1682、1683、1684、1685、1686、1687、1688、1689、1690、1691、1692、1693、1694、1695、1696、1697、1698、1699、1700、1701、1702、1703、1704、1705、1706、1707、1708、1709、1710、1711、1712、1713、1714、1715、1716、1717、1718、1719、1720、1721、1722、1723、1724、1725、1726、1727、1728、1729、1730、1731、1732、1733、1734、1735、1736、1737、1738、1739、1740、1741、1742、1743、1744、1745、1746、1747、1748、1749、1750、1751、1752、1753、1754、1755、1756、1757、1758、1759、1760、1761、1762、1763、1764、1765、1766、1767、1768、1769、1770、1771、1772、1773、1774、1775、1776、1777、1778、1779、1780、1781、1782、1783、1784、1785、1786、1787、1788、1789、1790、1791、1792、1793、1794、1795、1796、1797、1798、1799、1800、1801、1802、1803、1804、1805、1806、1807、1808、1809、1810、1811、1812、1813、1814、1815、1816、1817、1818、1819、1820、1821、1822、1823、1824、1825、1826、1827、1828、1829、1830、1831、1832、1833、1834、1835、1836、1837、1838、1839、1840、1841、1842、1843、1844、1845、1846、1847、1848、1849、1850、1851、1852、1853、1854、1855、1856、1857、1858、1859、1860、1861、1862、1863、1864、1865、1866、1867、1868、1869、1870、1871、1872、1873、1874、1875、1876、1877、1878、1879、1880、1881、1882、1883、1884、1885、1886、1887、1888、1889、1890、1891、1892、1893、1894、1895、1896、1897、1898、1899、1900、1901、1902、1903、1904、1905、1906、1907、1908、1909、1910、1911、1912、1913、1914、1915、1916、1917、1918、1919、1920、1921、1922、1923、1924、1925、1926、1927、1928、1929、1930、1931、1932、1933、1934、1935、1936、1937、1938、1939、1940、1941、1942、1943、1944、1945、1946、1947、1948、1949、1950、1951、1952、1953、1954、1955、1956、1957、1958、1959、1960、1961、1962、1963、1964、1965、1966、1967、1968、1969、1970、1971、1972、1973、1974、1975、1976、1977、1978、1979、1980、1981、1982、1983、1984、1985、1986、1987、1988、1989、1990、1991、1992、1993、1994、1995、1996、1997、1998、1999、2000、2001、2002、2003、2004、2005、2006、2007、2008、2009、2010、2011、2012、2013、2014、2015、2016、2017、2018、2019、2020、2021、2022、2023、2024、2025、2026、2027、2028、2029、2030、2031、2032、2033、2034、2035、2036、2037、2038、2039、2040、2041、2042、2043、2044、2045、2046、2047、2048、2049、2050、2051、2052、2053、2054、2055、2056、2057、2058、2059、2060、2061、2062、2063、2064、2065、2066、2067、2068、2069、2070、2071、2072、2073、2074、2075、2076、2077、2078、2079、2080、2081、2082、2083、2084、2085、2086、2087、2088、2089、2090、2091、2092、2093、2094、2095、2096、2097、2098、2099、2100、2101、2102、2103、2104、2105、2106、2107、2108、2109、2110、2111、2112、2113、2114、2115、2116、2117、2118、2119、2120、2121、2122、2123、2124、2125、2126、2127、2128、2129、2130、2131、2132、2133、2134、2135、2136、2137、2138、2139、2140、2141、2142、2143、2144、2145、2146、2147、2148、2149、2150、2151、2152、2153、2154、2155、2156、2157、2158、2159、2160、2161、2162、2163、2164、2165、2166、2167、2168、2169、2170、2171、2172、2173、2174、2175、2176、2177、2178、2179、2180、2181、2182、2183、2184、2185、2186、2187、2188、2189、2190、2191、2192、2193、2194、2195、2196、2197、2198、2199、2200、2201、2202、2203、2204、2205、2206、2207、2208、2209、2210、2211、2212、2213、2214、2215、2216、2217、2218、2219、2220、2221、2222、2223、2224、2225、2226、2227、2228、2229、2230、2231、2232、2233、2234、2235、2236、2237、2238、2239、2240、2241、2242、2243、2244、2245、2246、2247、2248、2249、2250、2251、2252、2253、2254、2255、2256、2257、2258、2259、2260、2261、2262、2263、2264、2265、2266、2267、2268、2269、2270、2271、2272、2273、2274、2275、2276、2277、2278、2279、2280、2281、2282、2283、2284、2285、2286、2287、2288、2289、2290、2291、2292、2293、2294、2295、2296、2297、2298、2299、2300、2301、2302、2303、2304、2305、2306、2307、2308、2309、2310、2311、2312、2313、2314、2315、2316、2317、2318、2319、2320、2321、2322、2323、2324、2325、2326、2327、2328、2329、2330、2331、2332、2333、2334、2335、2336、2337、2338、2339、2340、2341、2342、2343、2344、2345、2346、2347、2348、2349、2350、2351、2352、2353、2354、2355、2356、2357、2358、2359、2360、2361、2362、2363、2364、2365、2366、2367、2368、2369、2370、2371、2372、2373、2374、2375、2376、2377、2378、2379、2380、2381、2382、2383、2384、2385、2386、2387、2388、2389、2390、2391、2392、2393、2394、2395、2396、2397、2398、2399、2400、2401、2402、2403、2404、2405、2406、2407、2408、2409、2410、2411、2412、2413、2414、2415、2416、2417、2418、2419、2420、2421、2422、2423、2424、2425、2426、2427、2428、2429、2430、2431、2432、2433、2434、2435、2436、2437、2438、2439、2440、2441、2442、2443、2444、2445、2446、2447、2448、2449、2450、2451、2452、2453、2454、2455、2456、2457、2458、2459、2460、2461、2462、2463、2464、2465、2466、2467、2468、2469、2470、2471、2472、2473、2474、2475、2476、2477、2478、2479、2480、2481、2482、2483、2484、2485、2486、2487、2488、2489、2490、2491、2492、2493、2494、2495、2496、2497、2498、2499、2500、2501、2502、2503、2504、2505、2506、2507、2508、2509、2510、2511、2512、2513、2514、2515、2516、2517、2518、2519、2520、2521、2522、2523、2524、2525、2526、2527、2528、2529、2530、2531、2532、2533、2534、2535、2536、2537、2538、2539、2540、2541、2542、2543、2544、2545、2546、2547、2548、2549、2550、2551、2552、2553、2554、2555、2556、2557、2558、2559、2560、2561、2562、2563、2564、2565、2566、2567、2568、2569、2570、2571、2572、2573、2

3 Vの電圧、2～3 mAの電流を用いることで適切な動作温度になるための電力消費を与えることになる。又、本実施例において、ペースロイのヒータ素子の抵抗値を6000Ωから10000Ωの間に選択したのは、エレクトロマイグレーションによる素子の損傷という因子もあるからである。エレクトロマイグレーションとは、電流密度がある臨界値を越えるとき、物質の移動によって引き起こされる導電体内部の損傷メカニズムであり、温度に依存している。ペースロイに関してのこの臨界値は25℃において $1.0 \times 10^4 \text{ A/cm}^2$ のオーダーである。望ましい実施例として、ヒータ素子の抵抗値は典型的には6000Ω～10000Ω、縦巾は5μ、そして厚さは0.08μに設定されているので、電流密度は実質的に約 $0.6 \times 10^4 \text{ A/cm}^2$ より小さなものとなる。この程度の電流密度では、エレクトロマイグレーションは有害な因子ではない。

工業上で用いられている標準の温度センサのインピーダンスは100Ω程度である。しかしながら本発明の目的からして、そのような小さい抵抗

値のセンサは、本発明の実施例において用いられている25℃で6000Ω～10000Ωの抵抗値を有し厚さがおよそ0.08μのものに比して、望ましいものではない。例えば、製造する上で、上流と下流に位置する2つの熱感知トランジスタの抵抗値は0.1%の程度の精度で一致させることが望ましい。この一致は、より高い抵抗値を使うことでより容易となる。その上より高い抵抗値のセンサを用いれば、シリコンチップ上のリード線に内蔵する抵抗値の違いといった望ましくない影響も減らすことができる。更に、空気の流れがわずかに変化したことによる電圧の変化を、十分な電流で正確に得るようになるためには、より高い抵抗を使うことが必要となってくる。加えるに、十分な電流を使えば、熱感知センサ自身の自己発熱を避けることができる。この場合、この熱感知トランジスタの自己発熱は、ヒータの熱の場を強化させ、空気の流れに対する温度感度を減少させるのであるが、そうひどい影響とはならない。加えるに、熱感知センサに流れる電流が大きくなると、空気の流れ

がないときの2つのセンサの間の色々な不一致といった望ましくない影響を大きくしてしまうことになる。

製造上の目的からすれば、ヒータと熱感知センサの両方のペースロイの厚さを同じに選べば、より簡単になり、より経済的になる。この観点から、前述したように本実施例でも、ヒータと熱感知センサの抵抗値は、典型的には0.08μ厚のペースロイにより似たような値であるとともに容易に実現できる値となっている。

涙山の計測中の応用に関して、本発明の望ましい素子は、前述してきたように、ペースロイの抵抗素子である。薄膜部材32、34が薄い窒化シリコン層に包まれているので、ペースロイ素子は空気による酸化から防がれて、400℃を越す温度のヒータ素子としても用いることが可能となる。このペースロイ素子の抵抗の温度依存性は白金と類似しており、どちらもありてにおいて4000ppmの抵抗温度係数を有している。しかしながら、本発明の装置に対しては白金よりもペースロイの

方が優れている。白金も温度検知用の抵抗素子として普通に使われているが、ペースロイは白金のおおよそ2倍の抵抗値を有するという利点がある。しかも、薄膜状であるならば、ペースロイの抵抗温度係数は8000～10000ppmの厚さで最大となるが、一方、白金は4000ppmの厚さで最大になってしまう。ペースロイの抵抗温度係数はおよそ16000ppmの厚さで最大となるが、本発明で8000ppmを選んだのは、抵抗値が2倍になる点と、抵抗温度係数も16000ppmの値からわずかに小さいにすぎないからである。従って8000ppmの厚さのペースロイ素子を用いることで、白金に要求される面積が1.8の表面積で同じ抵抗値を実現できることになる。また、ペースロイを使うことでトランジスタの熱効率が向上することによって、要求される表面積を小さくできるので面積も1.8減らされることになる。

また、本発明においては、図示したように、ペースロイ素子は温度検知用の温度感度部とヒータ素子の両方に用いられる。

の材料、ペロイからなるヒータセンサを1μm程度の厚さの酸化シリコンの絶縁層中に包み込むことで、特に高い温度で問題となる酸化の現象に対しての保護膜を提供している。酸化シリコンの絶縁層は、シリコン基板からペロイ素子を熱的に絶縁する機能も有する。そして酸化シリコンは、エッチングに対して高い抵抗性を有していることから、絶縁部材32、34の寸法を精度よくコントロールすることもできる。更に、この酸化シリコンの有しているエッチングに対して高い抵抗性の特性から、雰囲気スパス30の深さをエッチングにより25〜250μmといったようにおくことができることになる。この雰囲気スパスは、最も重要な熱伝達因子を決定する。

以上のように、本発明の望ましい実施例としては、開示したような微小構造とのかね合いから、ペロイで熱感知センサとヒータを形成する。酸化シリコンの絶縁層は支持用材料として、また望む構造を形成するために必要なエッチング時間を実現するための保護的材料として用いられる。

更に前述したように、絶縁部材をシリコン結晶面に対して適切に配向させることで、主目的のエッチング停止段を使うことなく望む構造を形成できるとともに、最小時間で創り出せることができることになる。更に、單方向性のエッチングを用いることで50〜250μmといった高い雰囲気スパスを形成することにより、抵抗素子を熱化してペロイに普遍的に配置する方法に比べて、大きな熱的絶縁が実現されることになる。

本発明の主旨は、実施例に示したものに限定されるものではない。例えば、熱感知素子やヒータ素子はペロイに限るものではなく、適切なものであれば何でもよい。他の例としては、酸化亜鉛膜のような焦電型材料や、薄いフィルム状の熱電対や、半導体材料のサーミスタ等や、ペロイ以外の好ましい抵抗温度係数をもつ金属膜があるであろう。注意しなくてはならないことは、本文では時々、創定される流れの流体としては雰囲気であることを述べてきたが、本発明は他の流体のガス性の物質に対して適用できるも

のであることを加えておく。すなわち、本発明の応用上の目的からして、“雰囲気”と使われる言葉の意味は、一般的にガス性の物質を含んでいると定義することにする。

4.図面の簡単な説明

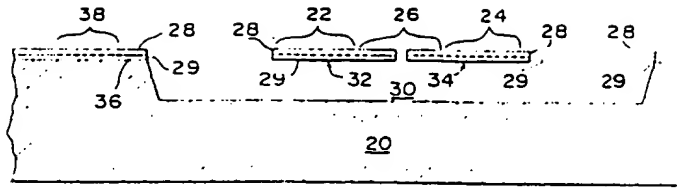
第1、2、3、3A図と第9〜17図には、本発明の実施例を示す。第4図と第5図には、本発明に使う回路例を示す。第6、7、8、18、19図には、本発明の特性図を示す。

20…基板、22、24…熱感知センサ、26…ヒータ、28、29…絶縁層、30…雰囲気スパス、32、34…絶縁部材。

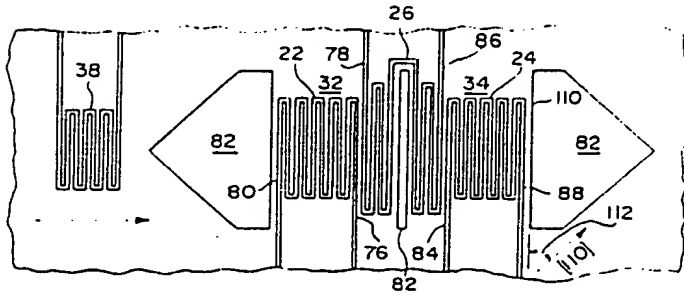
特許出願人 パナソニック・インコーポレーテッド

代理人 井理士 松本 義 治

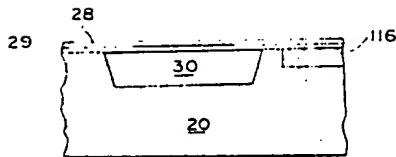
第 1 圖



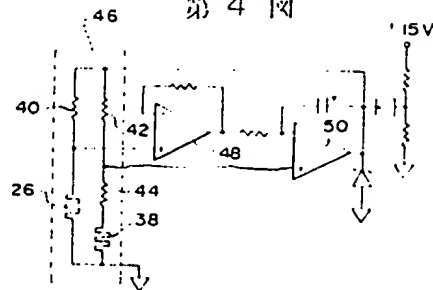
第 2 圖



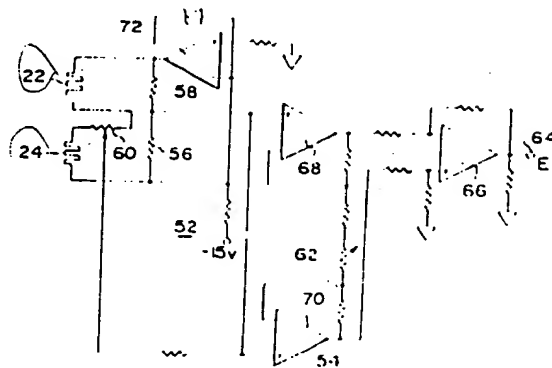
第 3 圖



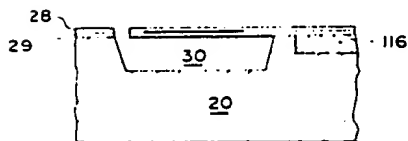
第 4 圖



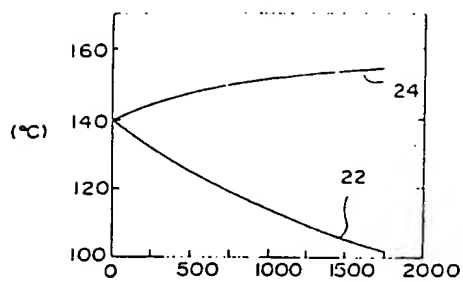
第 5 圖



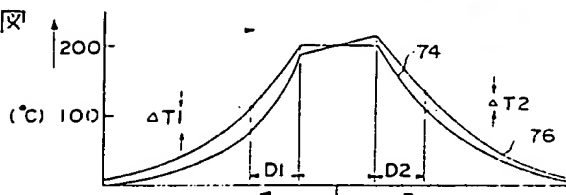
第 3 圖 A



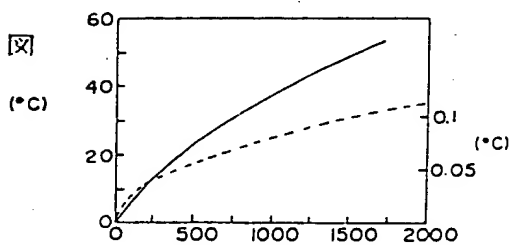
第 6 图



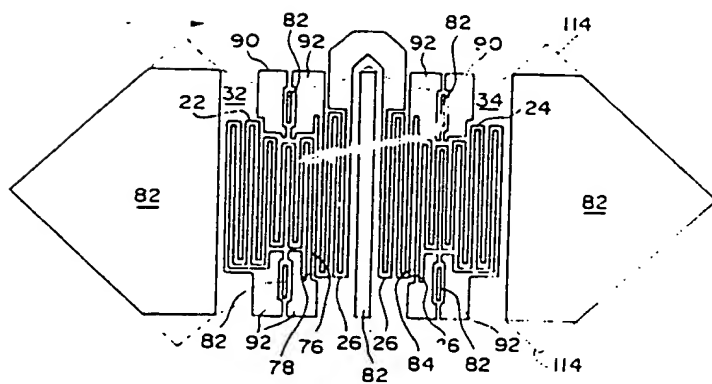
第 7 图



第 8 图



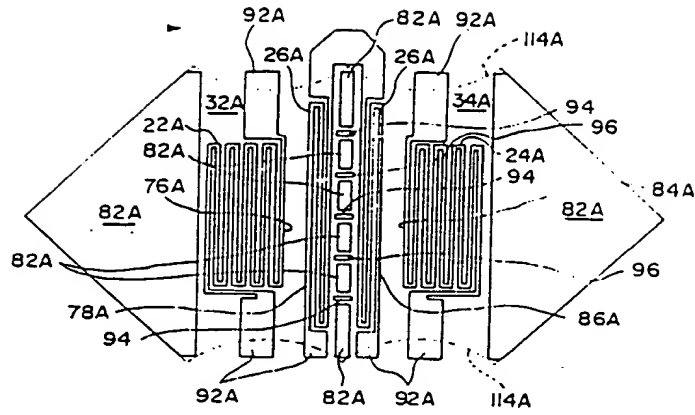
第 9 图



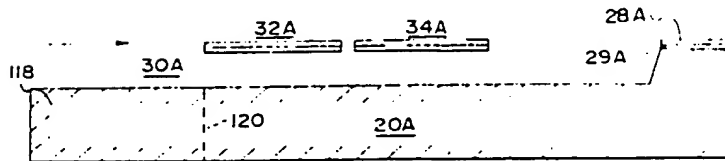
2739

2739

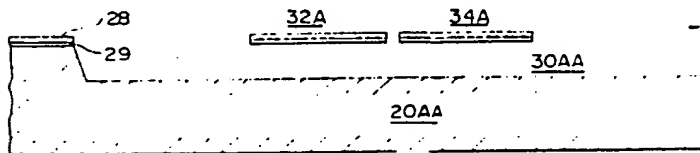
第10図



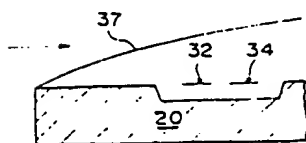
第11図



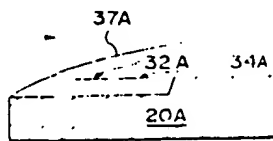
第12図



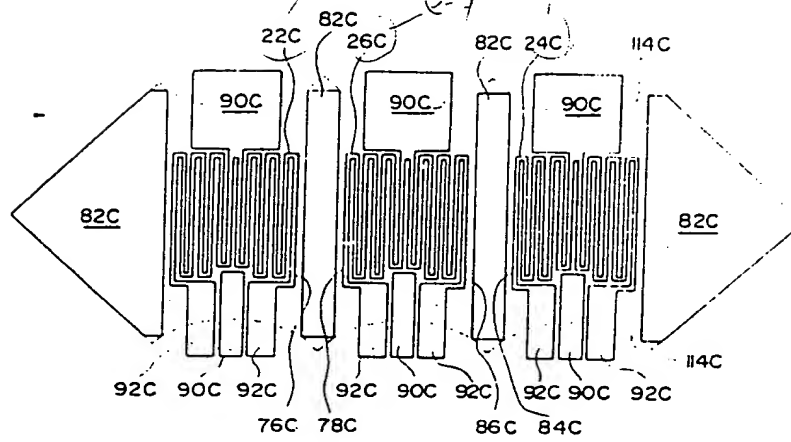
第18図



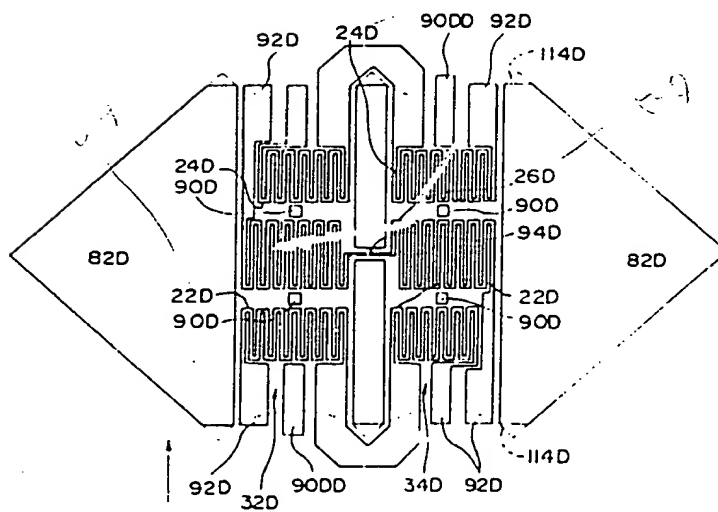
第19図



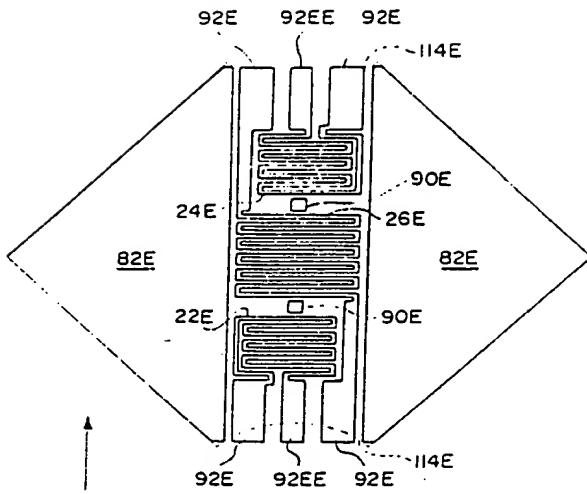
第13図



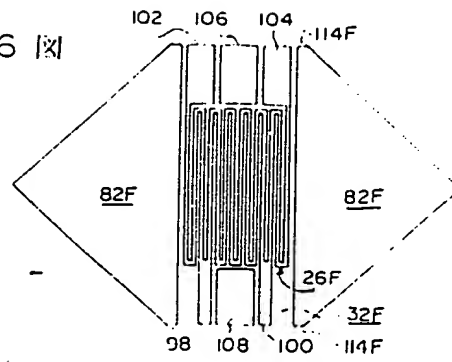
第14図



第15図



第16図



第17図

